

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-126758

(43)Date of publication of application : 11.05.2001

(51)Int.Cl.

H01M 10/38

H01M 4/02

H01M 4/58

H01M 10/36

(21)Application number : 11-307149

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing :

28.10.1999

(72)Inventor :

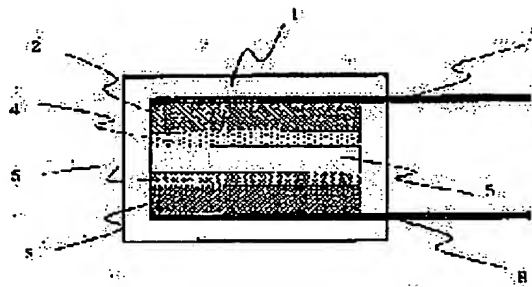
OSAKI MAKOTO
KAMIMURA TOSHIHIKO
HIGUCHI HISASHI
KITAHARA NOBUYUKI
HARA TORU
MISHIMA HIROMITSU
UMAGOME SHINJI

(54) LITHIUM BATTERY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lithium battery that improves boundary face between electrode layers and solid electrolyte layers.

SOLUTION: A lithium battery includes a solid electrolyte layer disposed between electrode layers formed by binding an active material with low fusing point glass, in which the solid electrolyte layer is formed by binding a solid electrolyte with the low fusing point glass. Between the electrode layer and the solid electrolyte layer, a mixture layer is provided by binding the mixture powder of the active material and the solid electrolyte with the low fusing point glass.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-126758

(P2001-126758A)

(43) 公開日 平成13年5月11日 (2001.5.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 M 10/38		H 0 1 M 10/38	5 H 0 0 3
4/02		4/02	A 5 H 0 1 4
4/58		4/58	5 H 0 2 9
10/36		10/36	A
			Z
審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-307149

(22) 出願日 平成11年10月28日 (1999.10.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72) 発明者 大崎 誠

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 上村 俊彦

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 樋口 永

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

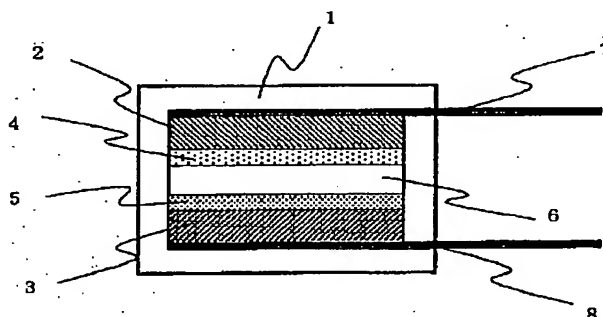
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウム電池

(57) 【要約】

【課題】 電極層と固体電解質層の界面を改善することを目的とする。

【解決手段】 活物質を低融点ガラスで結着した電極層の間に、固体電解質を低融点ガラスで結着した固体電解質層を配設したリチウム電池であって、前記電極層と固体電解質層との間に、前記活物質と固体電解質の混合粉末を前記低融点ガラスで結着した混合層を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 活物質を低融点ガラスで結着した電極層の間に、固体電解質を低融点ガラスで結着した固体電解質層を配設したリチウム電池において、前記電極層と固体電解質層との間に、前記活物質と固体電解質の混合粉末を前記低融点ガラスで結着した混合層を設けたことを特徴とするリチウム電池。

【請求項2】 前記低融点ガラスがLiを含んだ酸化物系非晶質ガラスであることを特徴とする請求項1に記載のリチウム電池。

【請求項3】 前記固体電解質がリチウム(Li)、チタン(Ti)、リン(P)、酸素(O)元素を含むリチウムイオン伝導性を有する結晶質であることを特徴とする請求項1に記載のリチウム電池。

【請求項4】 正極活物質が $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$)、 $LiMn_{2-y}Me_yO_4$ ($Me = Ni, Cr, Cu, Zn, 0 < y \leq 0.6$)、負極活物質が $Li_4Ti_5O_{12}$ 、 $Li_4Mn_5O_{12}$ よりなる群から選択される少なくとも1つであることを特徴とする請求項1に記載のリチウム電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はリチウム電池に関し、特に電極層と固体電解質層の界面を改良したリチウム電池に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、携帯電話やノートパソコンなどの携帯用電子機器の高性能化、小型化にはめざましいものがあり、これら携帯電子機器に使用される電池では、高エネルギー密度化、小型化が望まれている。リチウム電池は高電圧でかつ高エネルギー密度を有することから、これらの携帯機器用電源をはじめとする多方面の分野で期待され、盛んに研究されている。

【0003】これらリチウム電池では、正極活物質としてコバルト酸リチウム($LiCoO_2$)やマンガン酸リチウム($LiMn_2O_4$)、ニッケル酸リチウム($LiNiO_2$)などのリチウム遷移金属複合酸化物が用いられ、負極活物質としては、黒鉛、コークス、繊維状カーボンなどの炭素材料が用いられている。

【0004】また、このようなリチウム電池に使用している有機電解液に代えて、正極と負極の両極間に高分子電解質と有機電解液を混合させたポリマー電解質電池が近年脚光をあびている。しかし、これらリチウム電池またはポリマー電解質電池は電解質に液体を使用しているため、液漏れや発火の恐れなどの信頼性の問題があり、あるいは低温での電解液の凍結さらには高温における電解液の気化現象があるため、電池の使用温度が限定されるなど多くの課題を有している。

【0005】このような課題を解決した高信頼性のリチウム電池として、有機電解液に代えてリチウムイオン伝

導性を有する固体電解質を用いたリチウム電池の開発が望まれている。

【0006】例えば特開平9-35724号では、金型中に正極材料、固体電解質、負極材料を順次入れ込み、正極、固体電解質、負極の3層を加圧成形法によって一体成形して電池を構成している。

【0007】また、特開平6-111831号では、正極活物質として、 MnO_2 またはアルカリ金属とマンガンの複合酸化物を使用するとともに、 MnO_2 またはアルカリ金属とマンガンの複合酸化物とリチウム化合物との反応によって生成した Li_2MnO_3 層を固体電解質として使用することにより、正極と固体電解質との界面の接触抵抗を低減した電池を構成している。

【0008】また、特開昭61-263060号では、薄膜工程により活物質粉末と固体電解質粉末を混合した電極を用いる、または薄膜工程により活物質層と固体電解質層を交互にまたは無秩序に積層した電極を用いて電極と固体電解質の界面の分極抵抗を低減している。

【0009】また、特開平8-195219号では、活物質粉末と固体電解質粉末を配合してなる混合物を電極として用いて電極のインピーダンスを低減し、活物質利用率の高い電池を提案している。

【0010】また、特開平5-299101号では、固体電解質のイオン伝導度に関する提案であり、リチウムイオン伝導に関与する Li^+ の含有量を多くすること、およびある粒状電解質と、この粒状電解質よりも粒径が小さく、且つ融点が高い他の粒状電解質とからなる混合物を焼結することにより、ある粒状電解質の各粒子の接触界面に、粒径の小さい他の粒状電解質の粒子を融着させ、粒界の接触面積を増大し、粒界抵抗低減を図り、リチウムイオン伝導性の向上を実現している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、不燃性の固体で形成されるリチウム電池では、有機電解液を用いた従来の電池と異なり、正極層、固体電解質層、負極層の理想的な電氣的接触が困難である。

【0012】特開平9-35724号では、正極、固体電解質および負極を圧接によって接合しているが、この方法では固体電解質層と電極層の電氣的な接触が十分ではなく、比較的少ないサイクル数で容量の劣化が起こる。

【0013】また、特開平6-111831号では、正極層と固体電解質層の界面について記述はあるものの、負極層と固体電解質層における界面の改善はなされていない。また、スパッタリング法などを用いているため、電池作製の製造工程が複雑で時間とコストの浪費が問題となる。

【0014】また、特開昭61-263060号では、薄膜工程により電極と固体電解質の界面の分極抵抗を低減しているが、薄膜工程であるため、活物質の絶対量が

少なく、結果的に電池のエネルギー密度が小さいものとなってしまう。また、充放電電流が大きくなると電流密度が制限されてしまう。さらに、電極と固体電解質のみの電池構成となっているため、粒子間および電極-固体電解質界面の密着強度が低いなどの問題を有している。

【0015】また、特開平8-195219号では、活物質粉末と固体電解質粉末を配合してなる混合物を電極として用いているため、固体電解質粉末を混合していない従来の電極と比べ、活物質量が少なく、エネルギー密度が低くなってしまう。

【0016】また、特開平5-299101号では、粒界抵抗低減を図り、リチウムイオン伝導性の向上を実現しているが、固体電解質層と電極層の接合、すなわち界面構造については触れていない。

【0017】本発明はこれらの問題に鑑みてなされたものであり、電極層と固体電解質層の界面を改善したリチウム電池を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係るリチウム電池では、活物質を低融点ガラスで結着した電極層の間に、固体電解質を低融点ガラスで結着した固体電解質層を配設したリチウム電池において、前記電極層と固体電解質層との間に、前記活物質と固体電解質の混合粉末を前記低融点ガラスで結着した混合層を設けた。

【0019】また、上記リチウム電池では、前記低融点ガラスがLiを含んだ酸化物系非晶質ガラスであることが望ましい。

【0020】また、上記リチウム電池に用いる前記固体電解質がリチウム(Li)、チタン(Ti)、リン(P)、酸素(O)元素を含むリチウムイオン伝導性を有する結晶質であることが望ましい。

【0021】また、上記リチウム電池に用いる正極活物質は $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$)、 $LiMn_{2-y}Me_yO_4$ ($Me=Ni, Cr, Cu, Zn, 0 < y \leq 0.6$)、よりなる群から、負極活物質は $Li_4Ti_5O_{12}$ 、 $Li_4Mn_5O_{12}$ よりなる群から選択される少なくとも1つであることが望ましい。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明のリチウム電池の実施形態について説明する。図1は本発明に係るリチウム電池の構成例を示す断面図である。図1において、1はパッケージ、2は正極、3は負極、4は正極側混合層、5は負極側混合層、6は固体電解質、7は正極集電体、8は負極集電体である。

【0023】パッケージ1は、気密性を保持できれば材質の限定はなく、例えばアルミニウム製ラミネート材や、ニッケル、アルミニウムなどの金属、シュリンクケースなどを用いることができる。

【0024】正極集電体7または負極集電体8は、正極

2または負極3の集電のために配置され、例えばアルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)などの金属箔を用いることができる。

【0025】正極2および負極3は、主として活物質と低融点ガラスとで構成される。正極2および負極3に用いる活物質としては、例えばリチウムマンガン複合酸化物、二酸化マンガン、リチウムニッケル複合酸化物、リチウムコバルト複合酸化物、リチウムニッケルコバルト複合酸化物、リチウムバナジウム複合酸化物、リチウムチタン複合酸化物、酸化チタン、酸化ニオブ、酸化バナジウム、酸化タングステンなどとそれらの誘電体が挙げられる。

【0026】上述の遷移金属酸化物のうち、特に $Li_{1+x}MnO_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$)、 $LiMn_{2-y}Me_yO_4$ ($Me=Ni, Cr, Cu, Zn, 0 < y \leq 0.6$)、 $Li_4Ti_5O_{12}$ および $Li_4Mn_5O_{12}$ よりなる群は、充放電中の活物質の体積変化が小さい結晶系がスピネル系の活物質であり、低融点酸化物ガラスで結着した場合に良好なサイクル特性を示すことから、より望ましい。

【0027】ここで、正極活物質と負極活物質には明確な区別はなく、2種類の遷移金属酸化物の充放電電位を比較してより貴な電位を示すものを正極に、より卑な電位を示すものを負極にそれぞれ用いて任意の電圧の電池を構成することができる。正極活物質と負極活物質に遷移金属酸化物を用いると、電池が過充電された場合にも金属リチウムの析出が起らず、電池の信頼性が向上する。

【0028】本発明にかかる低融点ガラスとしては、リチウムを含んだリン酸塩ガラスやホウ酸塩ガラス、ホウケイ酸塩ガラスを中心とした多成分系酸化物ガラスを挙げることができる。硫化物系ガラスの場合では吸水性があり、化学的に不安定であるなどの問題を有し、また、結晶質の低融点ガラスは結晶の微細構造によって特性に大きく影響し、厳密な制御が必要となる。よって、低融点ガラスとしては酸化物系非晶質ガラスであることが望ましい。

【0029】さらに低融点ガラスにリチウムを含有させることにより、リチウムイオン伝導に参与するリチウムイオンの含有量がリチウムを含有させない低融点ガラスを用いた場合と比して多くなり、より良いリチウムイオン伝導性が発現される。

【0030】従って、本発明に用いる低融点ガラスとしては、Liを含んだ酸化物系非晶質ガラスであることが望ましい。

【0031】正極2もしくは負極3の製造には、(1)活物質粉末70~90重量%と低融点ガラス粉末10~30重量%を混合し、これに成形助剤を溶解させた水もしくは溶剤に分散させ、必要に応じて可塑剤、分散材を混合してスラリーを調整し、このスラリーを基材フィルム上に塗布、乾燥させる方法、あるいは、(2)前述

と同様にあらかじめ混合したものに成形助剤を添加して造粒したものを金型に投入してプレス機で加圧成形する方法、あるいは、(3) ロールプレス機で加圧成形してシート状に加工する方法などが用いられる。

【0032】(2)、(3)の造粒は、(1)の方法で述べたスラリーから造粒する湿式造粒であっても溶剤を用いない乾式造粒であっても構わない。また、(2)の方法では成形助剤を用いなくてもよい。ここで使用可能な成形助剤としては、例えばポリアクリル酸、カルボキシメチルセルロース、ポリフッ化ビニリデン、ポリビニルアルコール、ジアセチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、ポリビニルクロライド、ポリビニルピロリドンなどの1種もしくは2種以上の混合物が挙げられる。

【0033】基材フィルムとしては、例えばポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレン、ポリエチレン、テトラフルオロエチレンなどの樹脂フィルムを用いることができる。

【0034】固体電解質6としては、リチウム(Li)、チタン(Ti)、リン(P)、および酸素(O)元素を含むリチウム伝導性を有する結晶質であることが望ましい。

【0035】無機系の固体電解質は一般に、結晶質と非晶質に分類される。

【0036】酸化物系非晶質固体電解質は、リチウムイオン伝導度が室温で $10 \sim 6 \text{ S/cm}$ 程度であり、現状では実用できるレベルには達していない。また、硫化物系の固体電解質は、室温で $10 \sim 3 \text{ S/cm}$ 程度と、有機電解液に匹敵するリチウムイオン伝導度であるが、化学的に不安定などの問題を有している。

【0037】非晶質の固体電解質は熱処理の過程で電極の活物質と反応をおこしやすく、反応層を形成して界面の抵抗を大きくしてしまうことが多い。従って、用いる固体電解質は結晶質であることが望ましい。

【0038】本発明に用いる固体電解質としては、 $\text{Li}_{1+x}\text{M}_x\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (ここでMはAl、Sc、Y、La)、 $\text{Li}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{Li}_{0.5-3x}\text{R}_{0.5+x}\text{TiO}_3$ (ここでRはLa、Pr、Nd、Sm)、 $\text{Li}_{1+x+y}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Li}_{1+(4-n)}\text{M}_n\text{Ti}_{2-x}(\text{PO}_4)_3$ (Mは1価または2価の陽イオン) などが挙げられる。

【0039】固体電解質6は、リチウムイオン伝導性固体電解質粉末50～90重量%と低融点ガラス粉末10～50重量%を混合し、上記製法(1)～(3)と同様にして成形助剤を添加して成形体を作製する方法で得られる。

【0040】正極側混合層4または負極側混合層5は、主として活物質と低融点ガラスおよびリチウムイオン伝導性固体電解質で構成されるが、正極側混合層4または負極側混合層5に用いる活物質、低融点ガラス、リチウ

ムイオン伝導性固体電解質は、正極2または負極3で用いた活物質および低融点ガラス、固体電解質6に用いたリチウムイオン伝導性固体電解質で構成される。

【0041】このように、電極層2、3と固体電解質層6との間に、混合層4、5を配設することにより、活物質質量を減少させずに電極を構成するので、エネルギー密度の低下を招くことなく、図2(b)に示すように、図2(a)と比較して活物質と固体電解質の接触面積を広く確保することが可能となる。なお、図2(a)は混合層がない場合の電極と固体電解質との界面の断面図であり、図2(b)は混合層を配設した場合の電極と固体電解質との界面の断面図である。

【0042】また、低融点ガラスで粒子間を結着することにより、粒子間の接合、接触がさらに向上し、電極層と固体電解質層間における界面抵抗を低減して良好な電気化学特性が得られる。

【0043】作製方法は、活物質粉末25～45重量%とリチウムイオン伝導性固体電解質粉末25～45重量%と低融点ガラス粉末10～50重量%を混合し、上記製法(1)～(3)と同様にして成形助剤を添加し、成形体を作製する方法がある。

【0044】積層方法としては、電気的な接触をより良好にするため、また各層の強固な接合を形成するため、成形を行った生シート上に次の層を塗布する方法、あるいはドクターブレード法によりグリーンテープ成形を各層について行い、その後積層し、熱圧着によって積層する方法などがある。なお、この方法では、密着液を使用する方法、またはプレスによる圧着のみでの積層方法であっても構わない。また、各層別にプレスするのではなく、一括プレスしてもよい。

【0045】これらの積層方法によって得られる成形体を焼成して焼成体を作製する。

【0046】

【実施例】水酸化リチウムと二酸化マンガンとをLiとMnのモル比が1.1:1.9となるように混合し、この混合物を大気中の650℃で15時間加熱焼成することによってリチウムマンガン複合酸化物($\text{Li}_{1.1}\text{Mn}_{1.9}\text{O}_4$)を調整した。水酸化リチウムと二酸化マンガンをLiとMnのモル比が4:5となるように混合し、この混合物を大気中の600℃で15時間加熱合成することによってリチウムマンガン複合酸化物($\text{Li}_4\text{Mn}_5\text{O}_{12}$)を調整した。

【0047】 $\text{Li}_{1.1}\text{Mn}_{1.9}\text{O}_4$ と低融点ガラスを90:10重量%で混合し、成形助剤と溶剤を加えて混合してスラリーを調整した。

【0048】このスラリーをポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム上にドクターブレード法で塗布した後、乾燥させて生成形シートを作製した。

【0049】次に正極側混合層として $\text{Li}_{1.1}\text{Mn}_{1.9}\text{O}_4$ と固体電解質($\text{Li}_{1+x+y}\text{Al}_x\text{Ti}_{2-x}\text{Si}_y\text{P}$

3-yO₁₂)と低融点ガラス(ここではZnO-SiO₂-B₂O₃-Al₂O₃-Li₂O系ガラス)を45:45:10重量%で混合し、成形助剤と溶剤を加えて混合して、スラリーを調整した。このスラリーを先に塗布した正極層上に塗布し、同様にして乾燥させて、正極2に正極側混合層4を積層した。

【0050】次に固体電解質と低融点ガラスを80:20重量%で混合し、成形助剤と溶剤を加えて混合して、スラリーを調整した。このスラリーを先に塗布した正極2と正極側混合層4の積層体上に塗布し、同様にして乾燥させ、正極2と正極側混合層4の積層体上に固体電解質層6を積層した。

【0051】次に負極側混合層としてLi₄Mn₅O₁₂と固体電解質と低融点ガラスを45:45:10重量%で混合し、成形助剤と溶剤を加えて混合して、スラリーを調整した。このスラリーを先に塗布した正極2と正極側混合層4と固体電解質層6の積層体上に塗布して、同様にして乾燥させて、正極2と正極側混合層4と固体電解質層6の積層体に負極側混合層4を積層した。

【0052】次にLi₄Mn₅O₁₂と低融点ガラスを90:10重量%で混合し、成形助剤と溶剤を加えて混合して、スラリーを調整した。このスラリーを先に塗布した正極2と正極側混合層4と固体電解質層6と負極側混合層5の積層体に塗布して乾燥させて正極2と正極側混合層4と固体電解質6と負極側混合層5と負極3とで構成された積層生シートを成形した。

【0053】得られた積層生シートを金型で20mm×20mmの四角形に打ち抜いた後に、表1に示す温度で焼成した。

【0054】得られた焼成体の厚みはいずれの試料も約300μmであった。この焼成体の正極2に正極集電体7を接合するとともに、負極3に負極集電体8を接合してパッケージ1のアルミ製ラミネートに装着した。アルミ製ラミネートは25mm×25mmのサイズに切断したものを2枚準備し、前記集電体を接合した焼成体を挟んでアルミ製ラミネートの外周部を熱圧着することにより、図1に示した25mm×25mmの角型リチウム電池を組み立てた。

【0055】

【比較例】混合層を配設しなかった以外は正極活物質粉体、負極活物質粉体の調整法、および固体電解質、低融点ガラスの選択、積層体の作製方法は実施例1と同様に行った。

【0056】得られた積層生シートを金型で20mm×20mmの四角形に打ち抜いた後に、大気中の600℃で2時間焼成した。

【0057】得られた焼成体の厚みは約280μmであった。この焼成体の正極2に正極集電体7を接合するとともに、負極3に負極集電体8を接合してパッケージ1のアルミ製ラミネートに装着した。アルミ製ラミネートは25mm×25mmのサイズに切断したものを2枚準備し、前記集電体を接合した焼成体を挟んでアルミ製ラミネートの外周部を熱圧着することにより、図1に示した25mm×25mmの角型リチウム電池を組み立てた。

(評価)かくして得られた評価用のリチウム電池を用いて、充放電装置により、充放電条件として0.2mAの電流で前記評価用セルに1.5Vまで充電を行った。その後、0.5Vまで0.2mAの電流で放電し、次に再び1.5Vまで充電を行い、一定サイクル毎に放電電氣量を求めて電池としての性能を評価した。

【0058】その結果、上記実施例の試料では、放電容量は20mAhであり、比較例の放電容量は10mAhであり、電極層と固体電解質層との間に、活物質と固体電解質の混合粉体を低融点ガラスで結着した混合層を設けた試料の放電容量が大きい結果となった。これは混合層を配設したことで活物質と固体電解質の接触面積を広く確保できたと考えられる。また、低融点ガラスが流動性を示して粒子間の接合、接触が良好となり、その結果、正極層、固体電解質層、負極層の理想的な電氣的接触、強固な接合が形成され、界面抵抗が低減され、放電容量が大きくなったと推測される。

【0059】

【発明の効果】以上のように、本発明のリチウム電池は、電極層と固体電解質層との間に、活物質と固体電解質の混合粉体を低融点ガラスで結着した混合層を設けたことから、粒子間の接合、接触が向上し、活物質と固体電解質の接触面積を広く確保することが可能となる。その結果、正極層、固体電解質層、負極層の理想的な電氣的接触が保たれ、界面抵抗を低減して電極反応におけるイオン伝導をスムーズにし、良好な電氣化学特性が得られ、放電容量が増加し、充放電特性に優れたリチウム電池を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

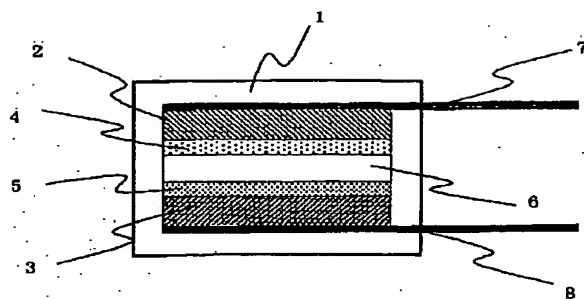
【図1】本発明に係るリチウム電池の断面図である。

【図2】(a)は混合層がない場合の電極と固体電解質との界面の断面図であり、(b)は混合層を配設した場合の電極と固体電解質との界面の断面図である。

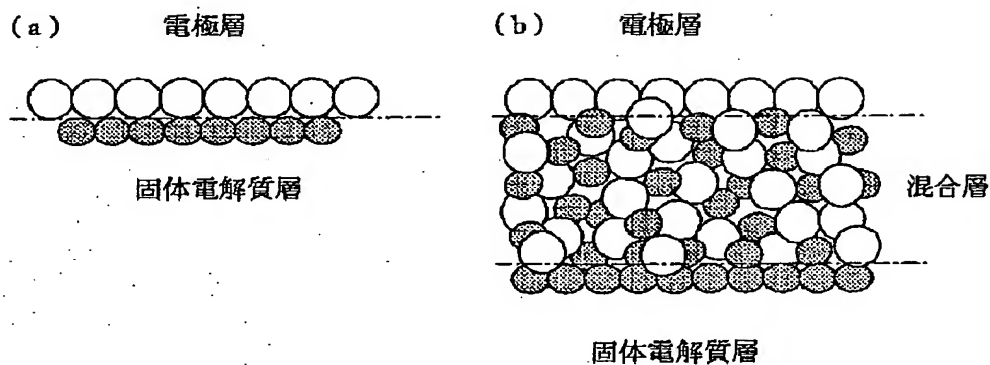
【符号の説明】

1・・・パッケージ、2・・・正極、3・・・負極、4・・・正極側混合層、5・・・負極側混合層、6・・・固体電解質、7・・・正極集電体、8・・・負極集電体

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 北原 暢之
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京
セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 原 亨
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京
セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 三島 洋光
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京
セラ株式会社中央研究所内

(72) 発明者 馬込 伸二
京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京
セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 5H003 AA01 AA02 AA04 BB05 BB11
BB12 BB14 BC05 BC06
5H014 AA02 AA06 CC01 EE10
5H029 AJ02 AJ03 AJ06 AK03 AL03
AM12 BJ12 DJ08 DJ17 DJ18
EJ06 HJ02